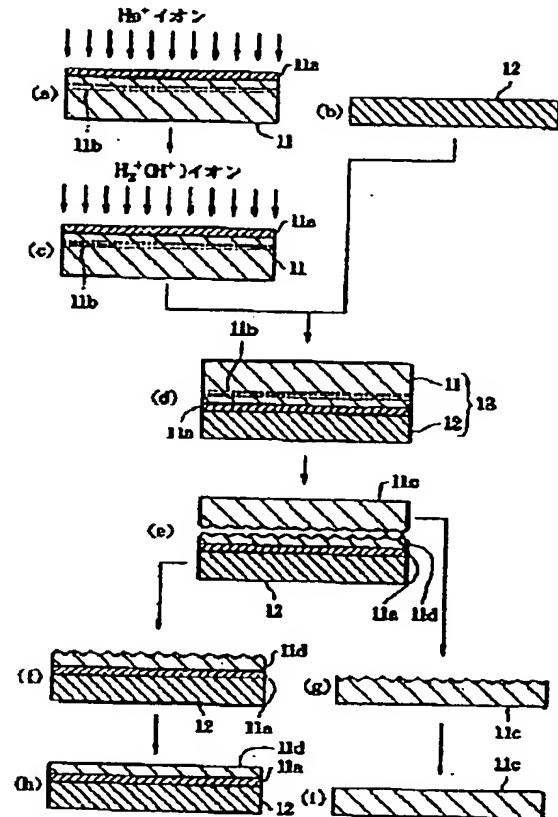


# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 11087668  
PUBLICATION DATE : 30-03-99  
APPLICATION DATE : 04-09-97  
APPLICATION NUMBER : 09239174  
APPLICANT : MITSUBISHI MATERIALS SHILICON CORP;  
INVENTOR : TOMIZAWA KENJI;  
INT.CL. : H01L 27/12 H01L 21/205 H01L 21/265  
TITLE : MANUFACTURE OF SOI BOARD



**ABSTRACT :** PROBLEM TO BE SOLVED: To efficiently generate bubbles in an ion implantation region of a semiconductor substrate by implanting hydrogen gas ions or hydrogen molecule ions after helium ions have been implanted.

**SOLUTION:** This method for manufacturing an SOI board comprises the steps of first implanting hydrogen gas ions or hydrogen gas molecule ions and rare gas ions in a semiconductor substrate 11 having an insulating layer 11a formed on a surface to form an ion implanted region 11b parallel to an insulating layer 11a in the substrate 11, then superposing the substrate 11 on a support board 12 to form a laminate 13, then raising the temperature of the laminate 13 to a predetermined level, and separating the substrate 11 into an ion implanted region 11b, a thick part 11c and a thin film 11d. In this case, implanted ions in the substrate 11 are hydrogen gaseous ions or hydrogen molecule ions and helium ion. An order for implanting of these ions is first the implantation of the helium ions followed by the implantation of the hydrogen gas ions or hydrogen molecule ions.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-87668

(43) 公開日 平成11年(1999) 3月30日

(51) Int.Cl.<sup>9</sup>

識別記号

F I

H 0 1 L 27/12  
21/205  
21/265H 0 1 L 27/12  
21/205  
21/265

B

Q

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平9-239174

(22) 出願日 平成9年(1997) 9月4日

(71) 出願人 000228925

三菱マテリアルシリコン株式会社  
東京都千代田区大手町一丁目5番1号

(72) 発明者 中嶋 健

東京都千代田区大手町1丁目5番1号 三  
菱マテリアルシリコン株式会社内

(72) 発明者 中井 哲弥

東京都千代田区大手町1丁目5番1号 三  
菱マテリアルシリコン株式会社内

(72) 発明者 富澤 憲治

東京都千代田区大手町1丁目5番1号 三  
菱マテリアルシリコン株式会社内

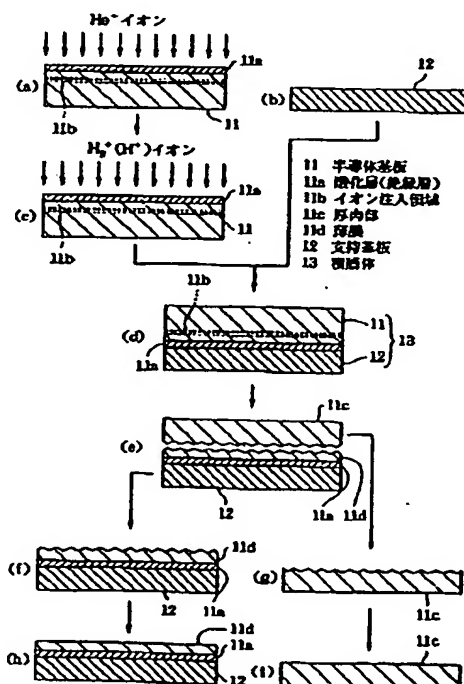
(74) 代理人 弁理士 須田 正義

(54) 【発明の名称】 SOI 基板の製造方法

(57) 【要約】

【課題】ヘリウムイオン注入後に水素ガスイオン又は水素分子イオンを注入することにより効率的に半導体基板のイオン注入領域に気泡を発生できる。

【解決手段】本発明のSOI 基板の製造方法では、先ず表面に絶縁層11aが形成された半導体基板11に水素ガスイオン又は水素分子イオン及び希ガスイオンを注入して半導体基板11内部に絶縁層11aに平行なイオン注入領域11bを形成した後に、上記半導体基板11を支持基板12に重ね合わせて積層体13を形成する。次に積層体13を所定の温度に昇温して半導体基板11をイオン注入領域11bで厚肉部11c及び薄膜11dに分離する。上記半導体基板11内部への注入イオンは水素ガスイオン又は水素分子イオン及びヘリウムイオンであり、これらのイオンの注入順序はヘリウムイオンを注入した後に水素ガスイオン又は水素分子イオンを注入する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 表面に絶縁層(11a)が形成された半導体基板(11)に水素ガスイオン又は水素分子イオン及び希ガスイオンを注入して前記半導体基板(11)内部に前記絶縁層(11a)に平行なイオン注入領域(11b)を形成する工程と、

前記半導体基板(11)を支持基板(12)に重ね合わせて積層体(13)を形成する工程と、

前記積層体(13)を所定の温度に昇温して前記半導体基板(11)を前記イオン注入領域(11b)で厚肉部(11c)及び薄膜(11d)に分離する工程とを含むSOI基板の製造方法において、

前記半導体基板(11)内部への注入イオンが前記水素ガスイオン又は前記水素分子イオン及びヘリウムイオンであり、

前記イオンの注入順序が前記ヘリウムイオンを注入した後に前記水素ガスイオン又は前記水素分子イオンを注入したことを特徴とするSOI基板の製造方法、

【請求項2】 ヘリウムイオンの注入量が $0.5 \times 10^{16} / \text{cm}^2$ であり、かつ水素ガスイオンの注入量が $3.0 \times 10^{16} \sim 4.5 \times 10^{16} / \text{cm}^2$ である請求項1記載のSOI基板の製造方法、

【請求項3】 ヘリウムイオンの注入量が $0.5 \times 10^{16} / \text{cm}^2$ であり、かつ水素分子イオンの注入量が $1.5 \times 10^{16} \sim 2.0 \times 10^{16} / \text{cm}^2$ である請求項1記載のSOI基板の製造方法、

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、単結晶の薄膜を支持基板上に有するSOI基板の製造方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】この種のSOI基板は将来の超高集積回路(ULSI)基板として注目されてきている。このSOI基板の製造方法には、①シリコン基板同士を絶縁膜を介して貼り合わせる方法、②絶縁性基板又は絶縁性薄膜を表面に有する基板の上にシリコン薄膜を堆積させる方法、③シリコン基板の内部に高濃度の酸素イオンを注入した後、高温でアニール処理してこのシリコン基板表面から所定の深さの領域に埋込みシリコン酸化層を形成し、その表面側のSi層を活性領域とするSIMOX法などがある。

【0003】また最近、半導体基板に水素イオン等の注入を行った後に、この半導体基板をイオン注入面を重ね合わせ面として支持基板に重ね合わせ、この積層体を500℃を越える温度に昇温して上記半導体基板を上記水素イオン等を注入した部分で支持基板から分離し、支持基板の表面に薄膜を有する薄い半導体材料フィルムの製造方法が提案されている(特開平5-211128)。この方法では、イオンを半導体基板の内部に表面から均一に

注入できれば、均一な厚さの薄膜を有する半導体基板が得られる。また支持基板の表面に予め酸化層を設けておけば、この方法によりSOI基板を製造することができる。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記従来の薄い半導体材料フィルムの製造方法では、半導体基板に水素イオンのみを注入した場合に、比較的多くの量を注入しなければならず、イオン注入に比較的多くの時間を要する不具合があった。また上記従来の薄い半導体材料フィルムの製造方法が記載された特許公報には、水素ガスイオン及び希ガスイオンを2種以上組合せて使用できるとは記載されているが、どのような組合せ及び注入順序が好ましいかについては全く言及されていない。

【0005】本発明の目的は、ヘリウムイオン等の希ガスイオン注入後に水素ガスイオン又は水素分子イオンを注入することにより効率的に半導体基板のイオン注入領域に気泡を発生できるSOI基板の製造方法を提供することにある。本発明の別の目的は、従来の水素イオンを単独で注入した場合より少ないイオンのトータル注入量でイオン注入領域に気泡を発生できるSOI基板の製造方法を提供することにある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、半導体基板に水素ガスイオン又は水素分子イオン及び希ガスイオンを組合せて注入する実験を繰返したところ、イオンの注入順序を変えることによりイオンのトータル注入量が大きく相違することを見出して本発明に到達した。

【0007】請求項1に係る発明は、図1に示すように、表面に絶縁層11aが形成された半導体基板11に水素ガスイオン又は水素分子イオン及び希ガスイオンを注入して半導体基板11内部に絶縁層11aに平行なイオン注入領域11bを形成する工程と、半導体基板11を支持基板12に重ね合わせて積層体13を形成する工程と、積層体13を所定の温度に昇温して半導体基板11をイオン注入領域11bで厚肉部11c及び薄膜11dに分離する工程とを含むSOI基板の製造方法の改良である。その特徴ある構成は、半導体基板11内部への注入イオンが水素ガスイオン又は水素分子イオン及びヘリウムイオンであり、イオンの注入順序がヘリウムイオンを注入した後に水素ガスイオン又は水素分子イオンを注入したところにある。この請求項1に記載されたSOI基板では、水素ガスイオン又はヘリウムイオンを単独で注入したときと比べて、イオンのトータル注入量が同一となるようにヘリウムイオン注入後に水素ガスイオン又は水素分子イオンを注入して薄膜分離熱処理を行うと、イオン注入領域11bで気泡がより効率的に発生するので、半導体基板11が上記気泡を起点としてイオン注入領域11bでより容易に割れ、厚肉部11cと薄膜11dに分離する。

【0008】請求項2に係る発明は、請求項1に係る発明であって、更にヘリウムイオンの注入量が $0.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ であり、かつ水素ガスイオンの注入量が $3.0 \times 10^{16} \sim 4.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ であることを特徴とする。請求項3に係る発明は、請求項1に係る発明であって、更にヘリウムイオンの注入量が $0.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ であり、かつ水素分子イオンの注入量が $1.5 \times 10^{16} \sim 2.0 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ であることを特徴とする。この請求項2又は3に記載されたSOI基板の製造方法では、従来の水素ガスイオンを単独で注入した場合と比べて同等若しくは少ないイオンのトータル注入量で、薄膜分離熱処理時にイオン注入領域に気泡を発生させることができる。

#### 【0009】

【発明の実施の形態】次に本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。図1に示すように、本発明のSOI基板を製造するには、先ずシリコンウェーハからなる半導体基板11を熱酸化により基板11表面に絶縁層である酸化層11a ( $\text{SiO}_2$ 層)を形成する。次いでこの基板11にヘリウムイオン ( $\text{He}^+$ ) を $0.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ 以上のドーズ量でイオン注入した後に(図1(a))、水素ガスイオンである水素イオン ( $\text{H}^+$ ) を $3.0 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ 以上又は水素分子イオン ( $\text{H}_2^+$ ) を $1.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ 以上のドーズ量でイオン注入する(図1(c))。符号11bはヘリウムイオンやヘリウムイオン及び水素ガスイオンの注入により半導体基板11内部に形成されたイオン注入領域であり、このイオン注入領域11bは酸化層11aに平行に形成される。また水素ガスイオン ( $\text{H}^+$ ) の場合には、水素分子イオン ( $\text{H}_2^+$ ) の場合の約2倍の注入量が必要である。

【0010】次いで上記半導体基板11と同一表面積を有するシリコンウェーハからなる支持基板12を用意し(図1(b))、両基板11、12をRCA法により洗浄した後、支持基板12上に半導体基板11を室温で重ね合わせて積層体13を形成する(図1(d))。この積層体13を窒素 ( $\text{N}_2$ ) 雰囲気中で $500 \sim 800^\circ\text{C}$ の範囲に昇温し、この温度範囲に5～30分間保持して薄膜分離熱処理を行う。これにより半導体基板11がイオン注入領域11bのところで割れて上部の厚肉部11cと下部の薄膜11dに分離する(図1(e))。ここで、上記熱処理の温度を $500 \sim 800^\circ\text{C}$ に限定したのは、 $500^\circ\text{C}$ 未満では水素による気泡内圧の上昇が十分でない不具合があり、 $800^\circ\text{C}$ を越えると気泡の成長が進んで表面粗さが増大する不具合があるからである。

【0011】次に上記半導体基板11がイオン注入領域11bで割れた積層体13の温度を下げ、酸化層11aを介して薄膜11dが積層された支持基板12(以下、単に支持基板12という)から半導体基板11の厚肉部11c(以下、単に厚肉部11cという)を取除き、こ

の支持基板12を酸素 ( $\text{O}_2$ ) 又は窒素 ( $\text{N}_2$ ) 雰囲気中で $900 \sim 1200^\circ\text{C}$ の範囲に昇温しこの温度範囲に30～120分間保持する熱処理を行う(図1(f))。この熱処理は薄膜11dの支持基板12への貼合せを強固にする熱処理である。更に支持基板12及び厚肉部11cの分離面をそれぞれ研磨(タッチポリッシング)して平滑化する(図1(h)及び図1(i))。これにより支持基板12はSOI基板となり、厚肉部11cは支持基板又は半導体基板として再びSOI基板の製造に使用できる。なお、上記実施の形態では、半導体基板の表面に熱酸化により絶縁層である酸化層 ( $\text{SiO}_2$ 層)を形成したが、半導体基板の表面に窒化処理等により絶縁層を形成してもよい。

#### 【0012】

【実施例】次に本発明の実施例を図面に基づいて詳しく説明する。

<実施例1>図1(a)及び図1(c)に示すように、厚さ $625\mu\text{m}$ のシリコンウェーハからなる半導体基板11を熱酸化して表面に厚さ $400\text{nm}$ の酸化層11aを形成した(図1(a))。この半導体基板11に $90\text{keV}$ の電圧を印加してヘリウムイオン ( $\text{He}^+$ ) を $0.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ 注入した後に(図1(a))、この半導体基板に $120\text{keV}$ の電圧を印加して水素分子イオン ( $\text{H}_2^+$ ) を $1.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ 注入した(図1(c))。この半導体基板11を実施例1とした。

<実施例2>ヘリウムイオン及び水素分子イオンの注入量がそれぞれ $1.0 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ 及び $1.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ であることを除いて、上記実施例1と同様に作製した半導体基板を実施例2とした。

【0013】<実施例3>ヘリウムイオン及び水素分子イオンの注入量がそれぞれ $2.0 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ 及び $1.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ であることを除いて、上記実施例1と同様に作製した半導体基板を実施例3とした。

<実施例4>ヘリウムイオン及び水素分子イオンの注入量がそれぞれ $1.0 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ 及び $2.0 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ であることを除いて、上記実施例1と同様に作製した半導体基板を実施例4とした。

<実施例5>ヘリウムイオン及び水素分子イオンの注入量がそれぞれ $1.0 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ 及び $2.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ であることを除いて、上記実施例1と同様に作製した半導体基板を実施例5とした。

【0014】<比較例1>ヘリウムイオンを注入せず、水素分子イオンのみを $0.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ 注入したことを除いて、上記実施例1と同様に作製した半導体基板を比較例1とした。

<比較例2>水素分子イオンの注入量が $1.0 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ であることを除いて、上記比較例1と同様に作製した半導体基板を比較例2とした。

<比較例3>水素分子イオンの注入量が $1.5 \times 10^{16}$

$\text{cm}^2$ であることを除いて、上記比較例1と同様に作製した半導体基板を比較例3とした。

【0015】＜比較例4＞水素分子イオンの注入量が $2.0 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ であることを除いて、上記比較例1と同様に作製した半導体基板を比較例4とした。

＜比較例5＞水素分子イオンの注入量が $2.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ であることを除いて、上記比較例1と同様に作製した半導体基板を比較例5とした。

＜比較例6＞水素分子イオンを注入せず、ヘリウムイオンのみを $0.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ 注入したことを除いて、上記実施例1と同様に作製した半導体基板を比較例6とした。

【0016】＜比較例7＞ヘリウムイオンの注入量が $1.0 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ であることを除いて、上記比較例6と同様に作製した半導体基板を比較例7とした。

＜比較例8＞ヘリウムイオン及び水素分子イオンの注入量がそれぞれ $1.0 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ 及び $1.0 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ であることを除いて、上記実施例1と同様に作製した半導体基板を比較例8とした。

＜比較例9＞実施例2とはイオン注入順序を逆にした半導体基板を比較例9とした。即ち水素分子イオンを $1.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ 注入した後に、ヘリウムイオンを

$1.0 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ 注入した半導体基板を比較例9とした。

【0017】＜比較試験及び評価＞実施例1～5及び比較例1～9の半導体基板を薄膜分離熱処理と同一のアニール処理、即ち窒素( $\text{N}_2$ )雰囲気中で $600^\circ\text{C}$ に30分間保持した後に、各半導体基板の酸化膜表面にプリスタ(火ぶくれ)が発生したか否かを調べた。その結果を表1及び図3に示す。なお、アニール処理後のプリスタの発生の有無を調べたのは、ヘリウムイオン及び水素分子イオンの注入と貼合せ技術とを組合せてSOI基板を製造するためには、図2に示すように貼合せ無し状態でアニール処理後に半導体基板11のイオン注入領域11bで気泡11eが発生することが必要であり、この気泡11eが発生すると酸化膜11a表面にプリスタ11fが発生するためである。即ち、プリスタ11fの発生の有無によりイオン注入領域11bでの気泡11eの発生の有無を判断できるからである。また図3において白丸及び黒丸は火ぶくれが発生したことを示し、×印は火ぶくれが発生しなかったことを示す。

【0018】

【表1】

		第1回目の 注入イオン 及び その注入量 ( $\times 10^{16}/\text{cm}^2$ )	第2回目の 注入イオン 及び その注入量 ( $\times 10^{16}/\text{cm}^2$ )	イオンの トータル 注入量 ( $\times 10^{16}/\text{cm}^2$ )	プリスタ (火ぶくれ) の発生 の有無
実施例1	A <sub>1</sub>	He <sup>+</sup> 0.5	H <sub>2</sub> <sup>+</sup> 1.5	2.0	有り
実施例2	A <sub>2</sub>	He <sup>+</sup> 1.0	H <sub>2</sub> <sup>+</sup> 1.5	2.5	有り
実施例3	A <sub>3</sub>	He <sup>+</sup> 2.0	H <sub>2</sub> <sup>+</sup> 1.5	3.5	有り
実施例4	A <sub>4</sub>	He <sup>+</sup> 1.0	H <sub>2</sub> <sup>+</sup> 2.0	3.0	有り
実施例5	A <sub>5</sub>	He <sup>+</sup> 1.0	H <sub>2</sub> <sup>+</sup> 2.5	3.5	有り
比較例1	B <sub>1</sub>	H <sub>2</sub> <sup>+</sup> 0.5	—	0.5	無し
比較例2	B <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> <sup>+</sup> 1.0	—	1.0	無し
比較例3	B <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> <sup>+</sup> 1.5	—	1.5	無し
比較例4	B <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> <sup>+</sup> 2.0	—	2.0	無し
比較例5	B <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> <sup>+</sup> 2.5	—	2.5	有り
比較例6	B <sub>6</sub>	He <sup>+</sup> 0.5	—	0.5	無し
比較例7	B <sub>7</sub>	He <sup>+</sup> 1.0	—	1.0	無し
比較例8	B <sub>8</sub>	He <sup>+</sup> 1.0	H <sub>2</sub> <sup>+</sup> 1.0	2.0	無し
比較例9	—	H <sub>2</sub> <sup>+</sup> 1.5	He <sup>+</sup> 1.0	2.5	無し

【0019】表1及び図3から明らかなように、実施例2ではプリスタが発生したのに対し、実施例2とはイオン注入順序を逆にした比較例9ではプリスタが発生しなかった。これは、実施例2では質量の重いヘリウムイオンを先に注入することで、相対的に軽い水素分子イオンに比べて効果的にイオン注入領域（注入ダメージ層、アモルファス層）が形成され、この後に注入された水素分子イオンの注入分布幅をシャープにし、更にヘリウムイオン注入により形成されたダングリングボンドが後で注入された水素分子イオンにより終端されることで、アニール処理時における結晶の再配列と気泡の凝集が促進されたためであると考えられる。これに対し、比較例9では水素分子イオンの注入により形成されたイオン注入領域の構造が上記とは異なるため、イオンのトータル注入量が十分であっても、気泡の凝集が発生しなかったためであると考えられる。

【0020】また、実施例1ではヘリウムイオン及び水素分子イオンのトータル注入量が $2.0 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ と比較的少なくてもプリスタが発生したのに対し、水素分子イオンを単独で注入した比較例1～5では水素分子イオンを $2.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ 注入した比較例5で初めてプリスタが発生した。これは、比較例1～5のように水素分子イオンを単独で注入する場合には、注入過程初期において注入された水素分子イオンが注入ダメージ層を形成するけれども、この注入ダメージ層を形成する水素分子イオンが軽いため、ある程度多くの量を注入しなければならなかったためであると考えられる。

#### 【0021】

【発明の効果】以上述べたように、本発明によれば、表面に絶縁層が形成された半導体基板内部への注入イオンが水素ガスイオン又は水素分子イオン及びヘリウムイオンであり、これらのイオンの注入順序がヘリウムイオンを注入した後に水素ガスイオン又は水素分子イオンを注入したので、この状態で薄膜分離熱処理を行うと、イオン注入領域で気泡が発生する。これに対し、上記とは逆に水素ガスイオン又は水素分子イオン注入後にヘリウムイオンを注入して薄膜分離熱処理を行うと、それぞれのイオン注入量が同一であっても、薄膜分離熱処理時にイ

オン注入領域に気泡が発生しない。この結果、本発明では、効率的に半導体基板のイオン注入領域に気泡を発生できる、即ち半導体基板を効率的にイオン注入領域で厚肉部と薄膜とに分離できる。

【0022】またヘリウムイオンの注入量を $0.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ とし、かつ水素ガスイオンの注入量を $3.0 \times 10^{16} \sim 4.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ 又は水素分子イオンの注入量を $1.5 \times 10^{16} \sim 2.0 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ とすれば、従来の水素ガスイオンを単独で注入した場合（ $5.0 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ ）又は水素分子イオンを単独で注入した場合（ $2.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ ）と比べて同等若しくは少ないイオンのトータル注入量（ $\text{He}^+$ と $\text{H}^+$ を注入した場合のトータル注入量は $3.5 \times 10^{16} \sim 5.0 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ であり、 $\text{He}^+$ と $\text{H}_2^+$ を注入した場合のトータル注入量は $2.0 \times 10^{16} \sim 2.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ である。）で、薄膜分離熱処理時にイオン注入領域に気泡を発生させることができる。この結果、短時間でイオン注入を行うことができるので、SOI基板の生産性を向上できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明実施形態のSOI基板の製造方法を工程順に示す図。

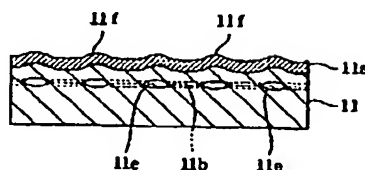
【図2】本発明実施例のヘリウムイオン及び水素分子イオンを注入した半導体基板を焼鈍したときに絶縁層表面に火ぶくれが発生した状態を模式的に示す半導体基板の断面図。

【図3】実施例1～5及び比較例1～8の半導体基板へのヘリウムイオン及び水素分子イオンの注入量を変えたときのプリスタの発生の有無を示す図。

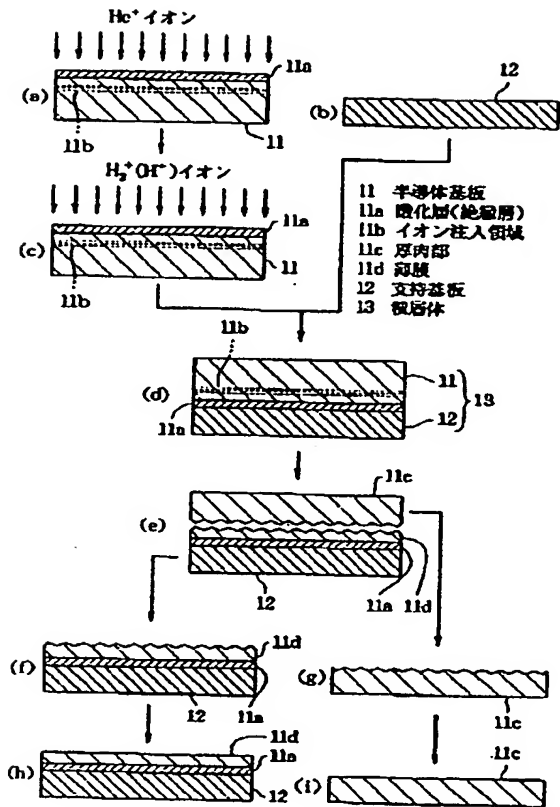
#### 【符号の説明】

- 11 半導体基板
- 11a 酸化層（絶縁層）
- 11b イオン注入領域
- 11c 厚肉部
- 11d 薄膜
- 12 支持基板
- 13 積層体

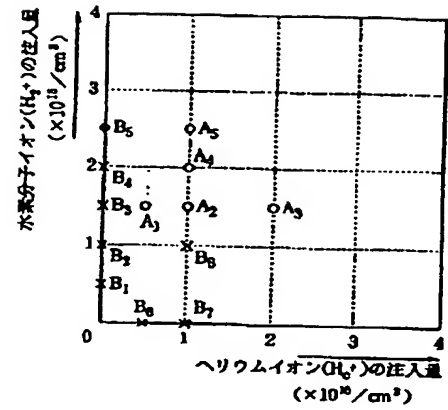
【図2】



【図1】



【図3】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**